ROYAL LONDON OPHTHALMIC HOSPITAL

JANUS

Archives internationales pour l'Histoire de la Médecine et la Géographie Médicale.

Rédacteurs en chef:

Prof. Dr. A. W. NIEUWENHUIS, LEYDE, Witte Singel No. 75.

Prof. Dr. E. C. VAN LEERSUM, LEYDE.

13me Année. -:- -:- -:- EXTRAIT. -:- -:- -:- 1909.

Dr. ED. PERGENS.

Zur Geschichte der anatomischen Augenmodelle und der schematischen Augen zu optischen Berechnungen.

HARLEM (Hollande). — DE ERVEN F. BOHN.

9

EXTRAIT DU „JANUS", 1909. HARLEM, DE ERVEN F. BOHN.

ZUR GESCHICHTE DER ANATOMISCHEN AUGENMODELLE UND DER SCHEMATISCHEN AUGEN ZU OPTISCHEN BERECHNUNGEN.

VON DR. ED. PERGENS, *Maeseyck.*

Bei der Schwierigkeit mit welcher in früherer Zeit ein Auge anatomisch untersucht werden konnte, ist es wahrscheinlich dass in den Vorlesungen sich jeder Zuhörer eine Vorstellung machen musste über dasjenige was vorgetragen wurde. Diese Vorstellungen müssen selbstverständlich sehr ungleich gewesen sein. Sorgsame Lehrer, die solches bemerkten, haben wol irgend einen Gegenstand, Kugel etc. zur Erklärung benutzt, dann aber auch Zeichnungen, von welchen einige erhalten sind. Wenn man von den nur zirkelförmigen Figuren von Eukleides und anderen Mathematikern abstrahirt, so findet man bei den Arabern sogenannte Durchschnitte des Auges; so bei Halifa im 13ten Jahrhundert (Fig. 1).

Frühere Zeichnungen von Hobeisch (9tes Jahrhundert), von Hammar (11tes Jahrhundert) haben sich nicht erhalten, soweit dies erforscht worden ist. Aus dem 13ten Jahrhundert stammt auch die Fig. 2 von Salah Ed-Din. Diese ist zusammenfaltbar in der Weise dass die zwei Hälften sich decken. Die Figur wird als Kreuzschnitt angegeben; damit ist wohl gemeint dass sie aus zwei Hälften von verschiedenen Abbildungen besteht; davon entspricht der obere Abschnitt einem horizontalen Durchschnit der Auges, während der untere Abschnitt die Projektion des vorderen Auges bedeutet; so nur kann die Figur verstanden werden, wenn man nicht im vorderen Teile allein einige Schreibfehler annehmen will um eine andere Erklärung zu befürworten.

Solche flache Figuren geben jedoch nur ein Bild von zwei Dimensionen; der Zuhörer muss sich die dritte Dimension noch immer vorstellen; um dieses zu erleichtern wurden Tafeln hergestellt mit übereinanderliegenden Figuren; das äussere Blatt z. B. stellt die Haut vor; wird dieses zurückgeklappt, so erscheint eine Aponeurose; wird diese

161.9962

auch zurückgeklappt so sieht man eine oberflächlich gelegene Muskelschicht u. s. w. Im 19ten Jahrhundert sind solche Atlasse speziell von Witkowski herausgegeben worden. Diese Tafeln tauchten jedoch schon in der ersten Hälfte des XVIten Jahrhunderts auf, sind aber meistens

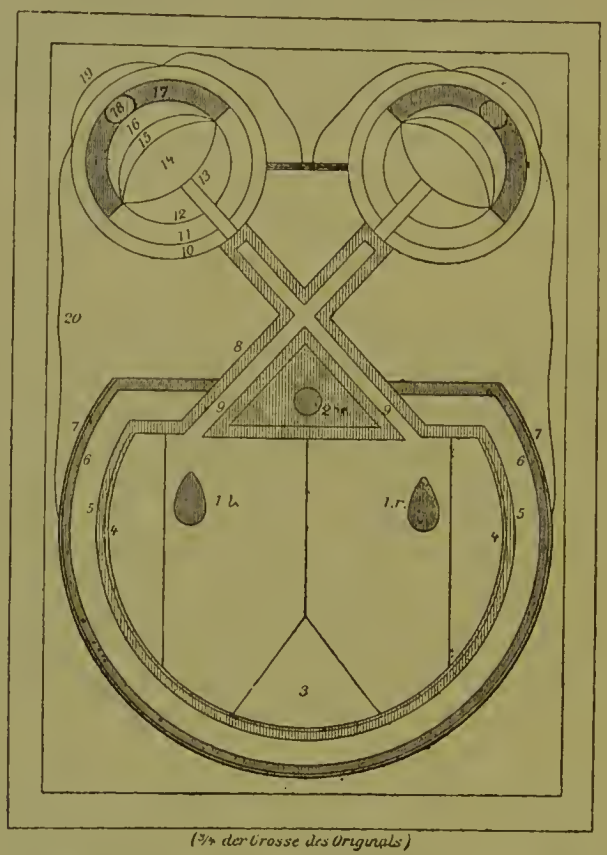

Fig. 1. Durchschnit des Gehirns und der Augen nach H a l i f a (XIII Jahrh.), Ausgabe von Hirschberg.

1 r. rechte Gehirnkammer; 1 l. linke; 2. mittlere; 3. hintere Gehirnkammer; 4. Pia mater; 5. Dura mater; 6. Schädelknochen; 7. Periost; 8. n. opticus mit 9. seinem Hohlkanal; 10. Sclerotica; 11. Chorioidea; 12. Retina; 13. Corpus vitreum; 14. Lens; 15. Tela aranea; 16. Humor albugineus (aqueus); 17. Uvea; 18. Pupilla; 19. Cornea; 20. Conjunctiva.

zu Grunde gegangen. Hyrtl hatte in seiner Sammlung ein solches Blatt von 1538 durch J o b s t d e N e g k e r, *Anathomia oder abconterfectung eines Weybs leyb, wie er innwendig gestaltet ist,* Strassburg. Das Blatt hat vier Klappen. Vom selben Autor erschien 1539 zu Nürnberg die *Abconterfectung eines manns leyb, wie er innwendig gestaltet ist.* Diese Tafel hat drei Klappen. Im selben Jahre erschien zu Venedig die

Viscerum viva delinatio von Nicolaus de Sabio; diese soll den vorigen ähnlich sehen aber weniger schön ausgeführt sein. Auch soll in Löwen eine ähnliche Klapptafel von Vesal vorhanden sein; sie konnte aber bis jetzt nicht aufgefunden werden. Ich übergehe andere Tafeln bis zum Jahre 1583 als Bartisch in seiner ΟΦΘΑΛΜΟΔΟΥΛΕΙΑ *d. i. Augendienst,* solche Figuren anwandte und eine siebenfache Klappfigur zur Darstellung der Anatomie des Auges benutzte.

Auch solche Zusammenstellungen konnten die dritte Dimension nicht immer genügend ersetzen und so kam man zu Nachbildungen vom Auge und dessen Theilen aus Leder, Holz, Glas, Elfenbein etc. Vieles

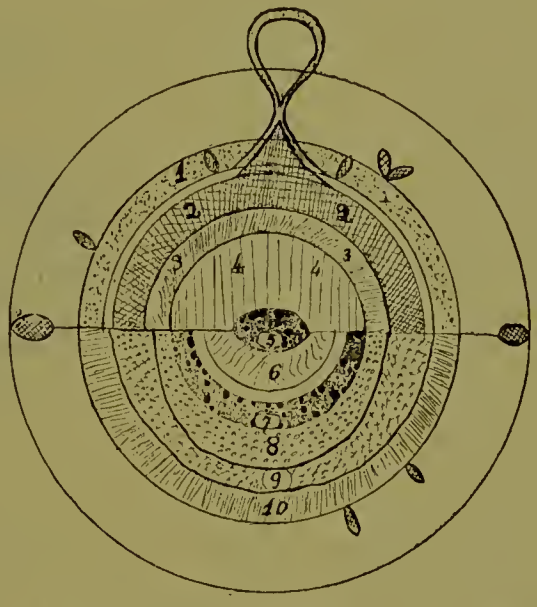

Fig. 2. Auge von Salah Ed-Din (XIII Jahrh.), Ausgabe von Pansier.

1. Sklera; 2. Chorioidea; 3. Retina; 4. Corpus vitreum; 5. Lens crystallina; 6. Tela aranea; 7. Humor aqueus; 8. Cornea; 9. Iris; 10. Conjunctiva.

mag davon unbekannt verloren gegangen sein; dasjenige was ich habe auffinden können sei hier mitgetheilt.

Guilhelmus Fabricius Hildanus fertigte 1602 ein anatomisches Auge an und schenkte es den Brüdern Lykke, zwei jungen Skandinaviern, welche sehr vermögend waren und mit Anders Skytte(Toxotius) ihn in Peterlingen(Payern) besuchten. Der erste Brief der zweiten Centurie von Fabricius spricht darüber; das Auge kam durch Skytte in den Besitz von Olaus Worm, welcher eine detaillirte Beschreibung davon giebt im *Museum Wormianum.* 1655, pag. 386. Das Auge ist in natürlicher Grösse ausgeführt; aussen ist 1. die Conjunctiva mit rothen Gefässen zu sehen; 2. sechs äussere Augenmuskeln aus rothem Leder, mit deren

Nerven aus einem Faden angefertigt, 3. die Tunica innominata von Colombo; 4. die Sclerotica mit einer gläsernen Cornea; 5. die Chorioidea vorn perforirt für die Pupille und mit aufgemalter Iris; 6. die Retina; 7. das Corpus vitreum; 8. die Linse durch welche man in rothen Buchstaben lesen kann: *Guil. Fabric. Hildanus inventor fecit Anno 1602.* Ueber dieses Auge schrieb auch G. Norrie in *Okulister og oftalmologer i gamle dage, särligt i Danmark,* 1893, Nordisk med. Arkiv, No. 7, p. 41 (Sep.) und in *Oculists in Ancient Times especially in Scandinavia,* 1896/7 Janus, Bnd. I, S. 241. Hierin ersieht man dass das betreffende Auge noch nicht aufgefunden wurde.

In 1709 publizierte H. Muth sein *Oculus humanus artificialiter constructus, oder Structur des menschlichen Auges nach Kunst verfertigt, bestehend in Elfenbein (Horn) Christall und Glas.* Dieses Werkchen habe ich nicht erhalten können; im Museum Wormianum wird pag. 387 ein anderes Auge beschrieben von Dr. Paul Moth, 1740 aus Frankreich zurückgekehrt, an Worm geschenkt. Dasselbe ist aus Pappe angefertigt und mit mehreren Theilen ausgestattet; so 1. die Conjunctiva; 2. die Tunica innominata Fallopii; 3. Orbitalfett welches die Muskeln umgibt; 4. die Trochlea; 5. die sechs Augenmuskeln; 6. der siebente Muskel, welcher bei den Thieren um den n. opticus gespannt ist; 7. n. oculomotorius; 8. Sclera mit Cornea; 9, Uvea mit Iris und Pupille; 10. Retina; 11. Humor aqueus; 12. Ligamentum ciliare; 13. Vitreus humor mit seiner membrana; 14. die Arachnoidea; 15. die Linse aus Glas.

Im 17ten Jahrhundert hatte Joannes Verle der Vater in Venedig Augenmodelle aus Elfenbein und Knochen angefertigt. Sein Sohn Joannes Baptista Verle verbesserte die Zusammenstellung und die Theile unter Mitwirkung von Aerzten, speziell von Molinette. Als Steno in Italien die Anatomie des Kaninchenauges auch dem Prinzen Ferdinand demonstrierte, verlangte letzterer dass Verle ihm ein künstliches anfertigen sollte. Verle vervollkommente dann noch seine Modelle und fertigte solche von menschlichen Augen an. Er verwendete dazu Elfenbein, Knochen, Glas, Wachs, Leim, Gyps, Seide, Wolle, Leinen, Perkament, Tierhäute etc. unter Anbringung von den natürlichen Farben. Verle beabsichtigte den ganzen Körper so anzufertigen und stellte für bald die Anatomie des Ohres in Aussicht. Das Auge wurde stark vergrössert damit es leicht beobachtet werden konnte; dabei aber auch in natürlicher Grösse wie die Abbildungen es angeben. Verle publizierte 1679 *Anatomia artificiale dell'occhio umane,* Firenze, 12°. Hiervon erschien 1680 eine lateinische Uebersetzung zu Amsterdam, welche ich einsehen konnte: *Anatomia artificialis oculi humani inventa et recens fabricata à Jo. Bapt. Verle Veneto,* mit sieben Tafeln.

Dasselbe wurde 1678/9 in den Ephem. Nat. Cur., Obs. 180, pag. 413 wiedergegeben mit den Abbildungen auf einer einzigen Tafel zusammengestellt (Taf. XXI). Der Titel ist: *Observatio CLXXX. Dn. Joh. Baptistae Verle, De Anatomia Artificiali Oculi Humani, Primum oblata, Et ut Ephemeridibus Curiosis Inseratur, Commendata à Viro Illustrissimo atque Clarissimo Dn. Antonio Magliabechio, Serenissimi Magni Ducis Hetruriae Bibliothecario.* Der Text stimmt in der Form nicht ganz mit der vorerwähnten Abhandlung. Verle's 1ste Tafel stellt einen Bulbus dar, woran oben die Cornea, dann die Albuginea und die Tunica Sclerotides zu sehen ist. Die Taf. 2 giebt eine Kalotte, der Humor aqueus (pro p.), die Iris mit perforierter Pupille, die Uvea mit 80 Fäden und Halbfäden (Fig. 3 dieser Abhandlung). Da Verle bei den Sektionen von natürlichen Augen eine wässerige Flüssigkeit hinter dem Glaskörper und vor der Retina vorfand, so nahm er als Humor aqueus: das Wasser der vorderen und der hinteren Kammer, ein anderes welches von da aus das Corpus ciliare sowie den Glaskörper umgab; dieses ist Taf. 3 als hohle Kugel abgebildet, dieselbe Tafel hat auch zwei kleine Schalen welche die Linsenkapsel darstellen. Taf. 4 stellt die Linse und die Chorioidea dar: Taf. 5 das Corpus vitreum, eine Kugel, von welcher vorn ein Stück entfernt wurde. Taf. 6 stellt die Lider und die Conjunctiva dar; Taf. 7 (hier Fig. 4) das ganze Auge. Sämmtliche Teile sind mittelst einer Pinzette auseinander zu nehmen; die Lider haben Zilien; ein Thränenpunkt ist anwesend. Die verschiedenen Schichten sind meistens aus Pappe angefertigt.

Fig. 3.
Tafel 2 von Verle (1679).

XV. B. Humor aqueus & pellucidus.
C. Pupilla perforata.
XIV. CC. Iris colore tincta.
XIII. CCC. Tunica uvea quae nigra est, cum fibris et semifibris albis num. 80.
II. CCCC. Tunica choroides nigra cauda exigua.

Vor 1700 verfertigte der Kunstdreher Stephanus Ziken aus Nürnberg auch ein künstliches Auge, welches in den Ephen. natur. Curios. Germaniae, 1700, Obs. 220, pag. 398 von Bscherer besprochen sein soll; dieses Auge wird von J. Taylor im Mechanismus .... 1750, Frankfurt, Verzeichnis No. 29 angegeben.

Aus derselben Zeit scheint auch das Auge zu stammen, welches Hamonic 1900 in *La chirurgie et la médecine d'autrefois*, p. 113 beschreibt. Es hat die natürliche Grösse; die Sclera ist aus Elfenbein angefertigt und besteht aus zwei Hemisphaeren durch eine Schraube zusammengehalten. Innen ist die Chorioidea durch eine dünne Schicht aus Horn angegeben; es folgt die Retina mit dem n. opticus aus Elfenbein. Der Glaskörper ist durch eine Glaskugel representiert mit einer kleinen Aushöhlung vorn. Die Iris, Cornea, Linse sind verloren gegangen.

P. F. Benezet Pamard fertigte selber schöne Modelle zur Anatomie, welche sich auseinander nehmen liessen. So stellte er einen Kopf dar aus Hanf, Pappe und Papier maché; es wurden dann die natürlichen Farben aufgetragen. Da das Auge und das Ohr zu klein sind für eine ordentliche Demonstration, wurden diese stark vergrössert gegeben. Beim Modell des Auges wurde der Glaskörper von einem Glaskünstler hergestellt; das Uebrige ist Pamard's Werk. Die Tafel zur S. 169 des *Oeuvres de P. F. B. Pamard,* herausgegeben durch Pamard und Pansier, enthält die Ansicht dieses Auges, welches vor 1764 angefertigt wurde.

Fig. 4. Tafel 7. von Verle (1679).

Seit dieser Zeit wurden anatomische Augenmodelle häufiger angefertigt und man findet solche nicht zu selten bei Antiquitätenhändlern vorrätig, welche auch dafür die höchsten Preise verlangen. Im 19ten Jahrhundert kommen Augenmodelle noch mehr vor für den Unterricht in der Physiologie und in den besseren Schulen fehlt ein auseinandernehmbares Auge wol selten; bei vielen Optikern, sogar bei einzelnen Augenärzten dient ein solches als Reklameartikel.

MODELLE ZUR DEMONSTRATION DES NETZHAUTBILDES, ZUR REFRAKTION UND SCHEMATISCHE AUGEN.

Nachdem Julius Caesar Aranzi um 1580 das natürlich Auge mehr oder weiniger als Camera obscura gebraucht hatte und dazu die Häute des Auges hinten entfernt hatte, wurde dieses Experiment durch

Scheiner, Descartes, Kircher vervollkomment und allgemein verbreitet. Um nicht jedesmal ein natürliches Auge verwenden zu müssen, wurden Vorrichtungen gebraucht, welche der Wirklichkeit mehr oder weniger nahe oder fern standen.

Christophorus Scheiner bildet in seiner *Rosa Ursina*, pag. 106

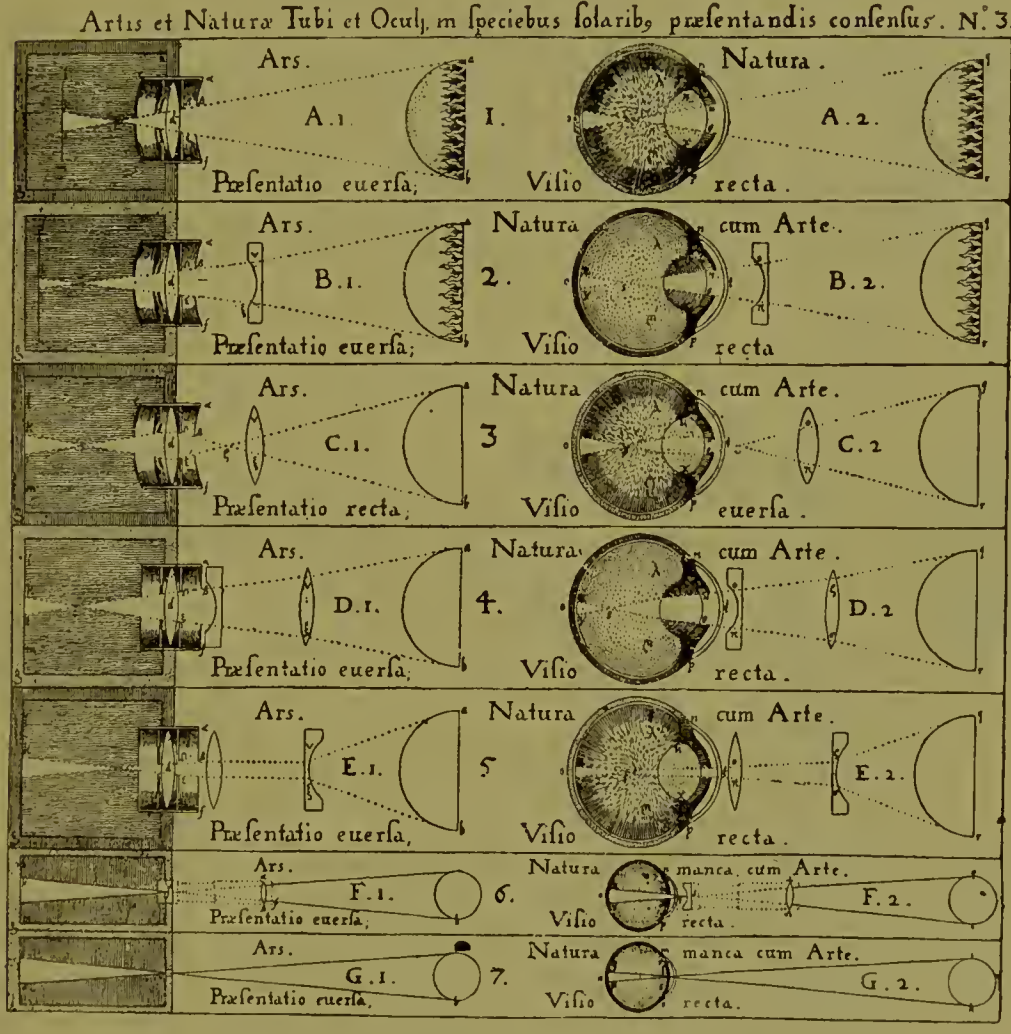

Fig. 5. Analogie des Auges mit der Camera obscura nach Scheiner (1626). $^1/_2$ der Originalabbildung.

(1626) eine Tafel ab, auf welcher ein künstliches Auge durch eine Camera obscura dargestellt ist. In derselben befindet sich ein beweglicher Schirm. Neben jeder Figur dieses künstligen Auges befindet sich ein natürliches Auge, sodass die Analogie klar zu Tage tritt. Die Figur 5 gibt Scheiner's Abbildung, auf $^1/_2$ reduziert, wieder. Scheiner bildet ein normales Auge ab; dann ein solches mit einem konkaven Glase, mit

einem konvexen, mit Fernrohrvorrichtungen, sowie Augen in welchen die Lens crystallina nicht mehr im Verlauf der Lichtstrahlen anwesend ist; dieses bedeutet ein Auge, welches an Star operiert wurde (natura manca cum arte). Es sei nebenbei bemerkt, dass Scheiner in den Theilen 2 und 4 seiner Figur schon plano-konkave Linsen abbildet, wie sie im 19ten Jahrhundert als „Gläser neuer Schleifart" beschrieben wurden.

Cl. Fr. Milliet Dechales bildet 1674 in seinem *Cursus seu Mundus mathematicus,* Bnd. 2 S. 360 ein künstliches Auge ab, welches er im Gegensatz zum natürlichen Auge *Oculus materialis* nennt. Dasselbe ist in nebenstehender Figur 6 wiedergegeben. Dasselbe besteht aus drei übereinander schiebbaren Röhrchen: aussen *m n o R,* worauf von vorn ein Auge mit Lidern gemalt oder auch in gewölbter, besserer Ausführung angebracht ist; zwischen *s t* ist ein Glimmerplättchen angebracht oder ein

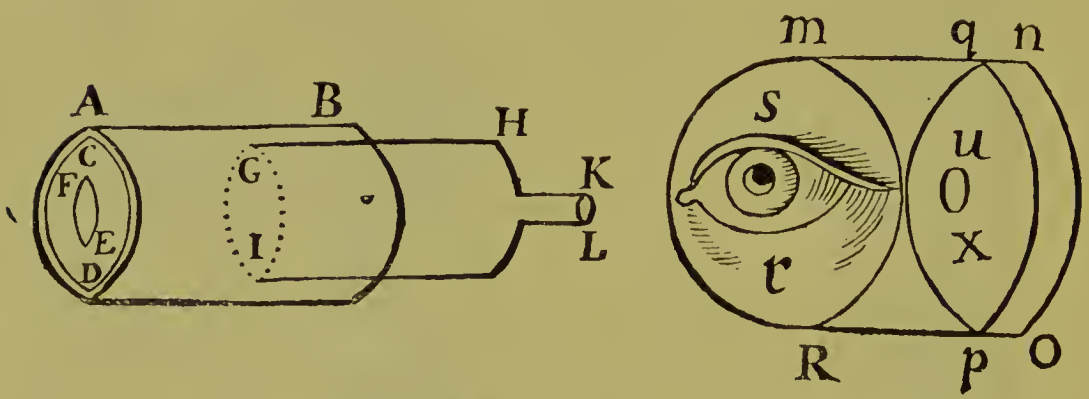

Fig. 6. Oculus materialis seu artificialis von Dechales (1674).

Stückchen Glas; damit is die Cornea angegeben. Der hintere Theil dieses Röhrchens ist bei *q n o p* enger von innen, so das der zweite Tubus darin fesst einzuführen ist. Die vordere Seite dieser engen Stelle ist mit einer Pappscheibe belegt, welche in der Mitte eine Oeffung *u x* vorweist; drei Scheiben mit verschiedengrosser Oeffnung sind auswechselbar und bedeuten die Iris. Das zweite Röhrchen A B trägt an der vorderen Seite ein Diaphragma aus Pappe worin eine Glaslinse die Lens crystallina repraesentiert. Das dritte Röhrchen I G H K L lässt sich in dem zweiten sanft verschieben; vorn bei G I ist die Retina durch ein geöltes Papier angedeutet. Das schmale Ende bei K L bedeutet den Nervus opticus und ist hohl damit man dadurch das Bild auf G I sehen kann. Dechales gibt auch mehrere Experimente an, die sich mit seinem Oculus materialis ausführen lassen: Einfluss von davorgestellten + oder — Gläsern, von polygonalen Gläsern, von Fernröhren.

Er weis dass sein Auge eigentlich Wasser statt Luft enthalten sollte, findet aber dass man hiermit genügend demonstrieren kann.

G. A. Hamberger veröffentliche 1696 *De ocolorum opticis Vitiis,* welches in seinem *Fasciculus Dissertationum Academicarum*, Jenae 1708, pag. 157 aufgenommen wurde. Fig. 7 hier, giebt sein künstliches Auge wieder. Dasselbe besteht aus einem kugelförmigen, undurchsichtigen, hohlen Behälter. Vorn ist ein Segment durch ein konvexo-konkaves Glas (als Cornea) ersetzt. Die Linse ist durch ein bikonvexes Glas vertreten; Hamberger sagt dass deren hintere Fläche eigentlich hyperbolisch sein sollte. Diese Linse ist durch einen hölzernen Ring und Eisendrähte fixiert. Das Auge wird mit Wasser gefüllt; hinten ist ein eisernes Röhrchen angebracht, welches vorn ein Mattglas trägt und nach vorn und hinten geschoben werden kan; damit ist die Netzhaut angedeutet. Seine Auge hat keine Iris; anstatt dieser stellt er Schirme mit verschieden grosser Oeffnung vor die Cornea. Hamberger experimentierte mit dem Auge voll Wasser, auch mit Luft; auch mit der Linse an der Stelle der Cornea; dann mit dem Behälter ohne Cornea und ohne Linse, was alles getrübt erscheinen lässt, wenn nicht ein Diaphragma mit kleiner Oeffnung vor die Kugel gestellt wird.

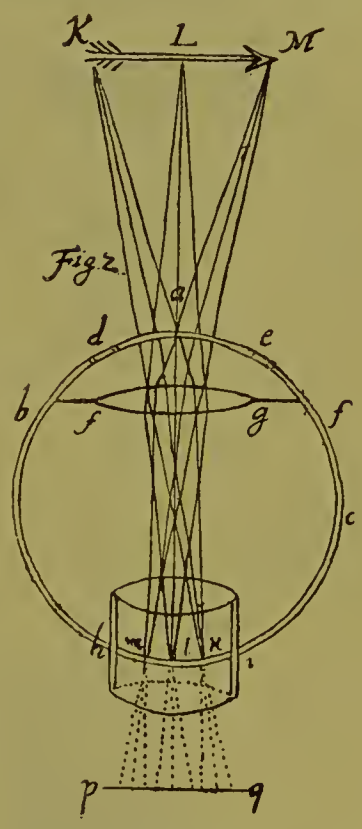

Fig. 7. Hamberger's Auge (1696).

M. Guolffgang Ernest Wagner publizierte 1698 *De Oculo, ceu Delicatissimo nec non Curiosissimo Machinae Humanae Organo praeternaturaliter affecto, et quantum fieri potest, sanando.* Dabei bespricht er sein künstliches Auge. Dasselbe ist aus Elfenbein (Sklera), Horn (Uvea), aus Glas (Linse, Iris, mattirte Retina). Die Figur 8 giebt alles genügend an.

Johann Gabriel Doppelmayer veröffentlichte 1699 unter dem Vorsitz von J. C. Sturm seine Diss. *Visionis sensum nobilissimum ex Camerae obscura tenebris illustrans.* Hierin wird sein Auge (hier Fig. 8 *a*) beschrieben. Dieses ist ein sehr einfaches: eine Hohlkugel aus Pappe, etwa acht Zoll im Durchmesser. Vorn ein kleines Loch, durch ein konvexo-konkaves Glas geschlossen; dahinten eine starke plano-konvexe oder bikonvexe Linse; hinten ein geöltes Papier oder ein dünnes Gewebe um das Bild auf zu fangen.

In der zweiten Ausgabe (nicht in der ersten) seines *Oculus artificialis teledioptricus* hat Joannes Zahn 1702 pag. 337 sein künstliches Auge

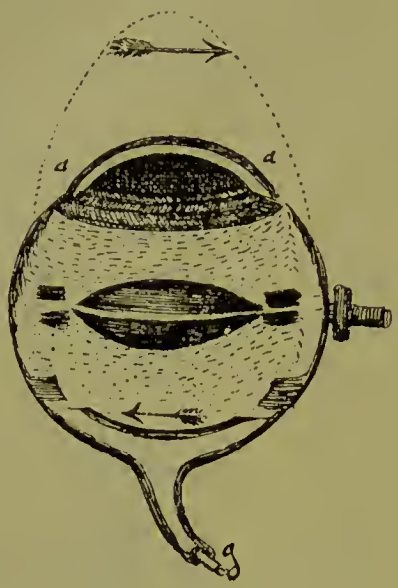

Fig. 8.
Wagner's Auge (1698).

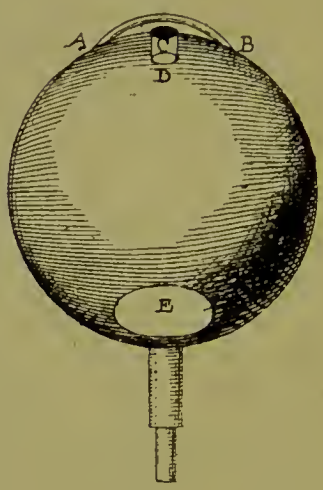

Fig. 8*a*.
Doppelmayer's Auge (1699).

beschrieben und abgebildet, welches Fig. 9 hier, auf $^1/_3$ reduzirt, wiedergegeben ist. Dieselbe Tafel enthält auch noch unten ein Auge nach

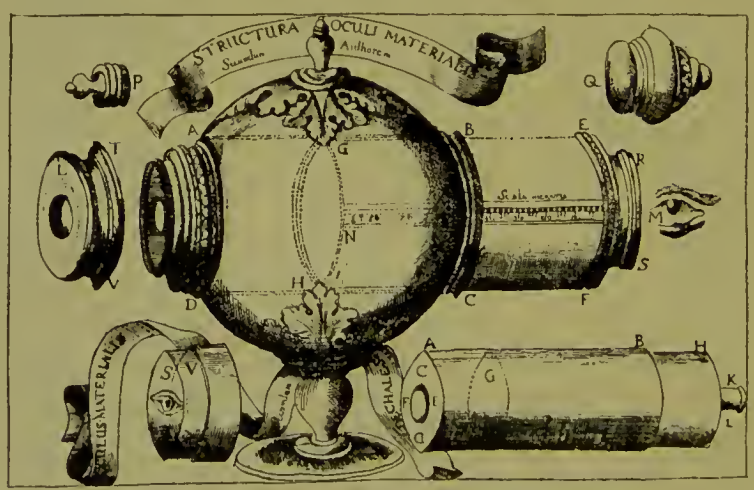

Fig. 9. Zahn's künstliches Auge (1702). $^1/_3$ der Originalgrösse.

Dechales in etwas modifizierter Form. Zahn's Auge besteht aus einer hölzernen Kugel A B C D von einem Fuss getragen. In der Mitte ist

diese Kugel durchbohrt sodass ein zylindrisches Loch in horizontaler Richtung vorhanden ist, wenn das Auge auf seinem Fuss steht. Diese Höhle ist innen geschwärzt; darin ist eine Röhre G H E F verschiebbar, welche bei H G durch ein Mattglas verschlossen ist und die Retina bedeutet. Diese Röhre ist mit einer Scala ausgestattet, welche die Distanz angiebt bis welcher der Tubus ausgezogen ist. Vorn bei AD ist eine Linse eingeschaltet von einer Krümmung von $^{95}/_{100}$ bis $^{30}/_{100}$ römischen Fusses; parallelle Strahlen werden von ihr in der Mitte des künstlichen Auges vereinigt. Ein Diaphragma T V kann vornan befestigt werden. Zahn giebt auch mehrere Experimente an welche mit seinem Oculus materialis auszuführen sind. Dabei findet man die Steigerung der Deutlichkeit des Bildes bei Anwendung von kleineren Diaphragmen; ferner wenn ein Brillenträger mit einer Brille für eine gewisse Distanz gut eingerichtet ist, so kann man mittelst dieses künstlichen Auges die richtige Brille für andere Distanzen finden; auch zur Kontrolle von der exakten Schleifart der Brillengläser empfiehlt Zahn sein Instrument. Die beiden Figuren P und Q stellen einfach Verschlussvorrichtungen der Löcher dar, vorn und hinten, damit kein Staub hineintreten kann.

Die Christiani H u g e n i i .... *Opuscula postuma* .... 1703 enthalten seine *Dioptrica*. Darin befindet sich pag. 112 die Prop. XXXI, Oculi constructionem et qua fit videndi ratio explicare. Darin befindet sich das erste künstliche Auge mit einer einzigen brechenden Fläche und dessen Durchmesser das vierfache des Radius der brechenden Fläche beträgt. Der Halbmesser der Hornhaut ist etwa 7,75 mm. gross: das Auge ist Fig 10 wiedergegeben. Das Innere hat die Refraktion des Wassers (1,33). Da nur die nahe zur Axe gelegenen Strahlen eintreten sollen hat Huygens ein Diaphragma A C zwischen vorderen und hinteren Halbkreis angebracht. Obschon gegenwärtig die Zahlen von Huygens nicht mehr verwerthet werden, bleibt doch das Verhältniss 1 : 3 zwischen vorderem und hinterem Halbkreis im Listing'schen reduzierten Auge noch immer

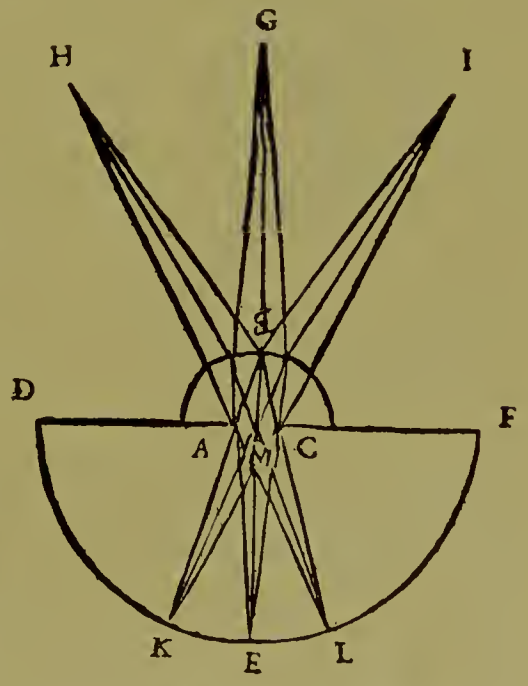

Fig. 10. Reduziertes Auge van H u y g e n s (1703). (Natürl. Grösse).

fortbestehen. Huygens Worte lauten: „Perpensis quae superius prop. XXI. exposuimus, videatur hoe modo non absurde oculum fabricari potuisse; nempe hemisphaerii figuram tribuendo parti ejus exteriori A B C, quae tota sit pellucida, fundum vero oculi alterum hemisphaerium faeiendo D E F, priorum oppositum, sed idem centrum habens, semidiametrum vero M E triplam ponendo semidiametri M B minoris hemisphaerii; ac totam deinde eavitatem D A B C F E D aqueo humore replendo .... Quoniam autem non satis perfeeta est .... opportune remedium ei rei adhiberi poterat obvelando totam hemisphaerii minoris basin A C, praeterquam eirea centrum M, ubi foramen modicum reliquendum erat; hoc enim multo melius quam si exterior superficies A B C eontegatur, relieto eirea B foramine ....

Huygens bildet in derselben Abhandlung noeh einen Durchsehnitt

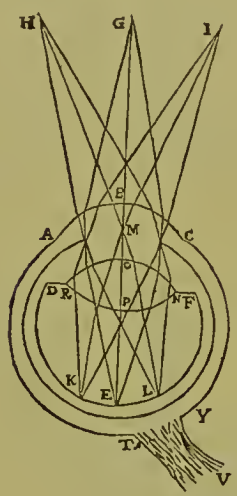

Fig. 11. Auge nach Huygens (1703). (Natürl. grösse).

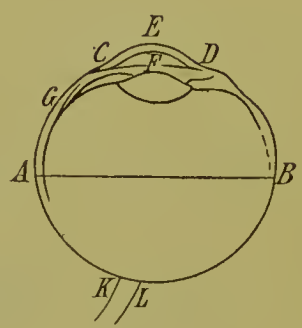

Fig. 12. Auge nach Pecquet und Huygens.

eines wirkliehen Auges ab (Fig. 11). Huygens hat dasselbe in doppelter Grösse abgebildet, während hier die Fig. 11 es in natürlichem Massstab wiedergibt. Huygens sagt dass der Durchmesser der ganzen Sphaere A L ungefähr 1 Leidener Zoll misst; statt A L ist wol A Y gemeint. Huygens nimmt $^3/_5$ Zoll an für den Krümmungsradius der Hornhaut; unsere Akkomomation, sagt er, kann stattfinden dureh eine Kompression des Bulbus durch die äusseren Augenmuskeln, welche dann eine Verlängerung des Auges bedingen; auch kann die Linse durch ihre Aufhängebänder eine andere Krümmung erhalten; endlich können beide Factoren einwirken.

In 1908 veröffentlichte M. Straub in den Klin. Monatsblättern f. Aughlkde Bnd. 46 S. 295 ss. *„Eine bisher nicht veröffentlichte Schrift von Christian Huygens über das Auge und das Sehen."* In dieser interessanten Schrift kommt eine Messung vor vom Auge einer hingerichteten Frau, welches Pecquet in seiner Gegewart sezierte und mass. Die Fig. 12 gibt die Abbildung wieder; die angegebenen Maasse sind:

	Linien.		Millim.
Diameter des Auges	11 1/2		25,9.
Dicke der Hornhaut	1/2		1,1.
Breite der Hornhaut	5		11,25.
Radius d. Hornhautkrümmung	3/10	Zoll	8,1.
Raum CG zwischen Cornea & Proc. cil.	4 1/2	Lin.	10,15.
Krümmungsradius der Linsenvorderfl.	3 8/10		8,55.
Id. der hinteren Fläche	2 7/10		6.
Dicke der Linse	2 3/10		5,17.
Fokaldistanz der Linse	2 2/10		4,96.
Linsendurchmesser	4		9.
Dicke des n. opticus	1 8/10		4.

Ein anderes Auge mit einem Reservoir mit Wasser worin Linse, mattes Glas etc. eingehängt werden, ist nicht von Huygens, wie mir Prof. Einthoven mitteilte, obschon es unter seinem Namen kursirt. Ich fand Aehnliches abgebildet in 's Gravesande's *Physices Elementa mathematica,* deren erste Ausgabe 1725 erschien, wovon ich diejenige von 1748 besitze, Bnd. II S. 800. Autor hat zwei Vorrichtungen; die einfachste besteht aus einem Behälter mit viereckiger Basis; der Behälter ist aus Glas und mit Wasser gefüllt. Davor wird ein Schirm gestellt mit einer kleinen Oeffnung, welche der Mitte der vorderen Fläche des Gefässes entspricht. Ein mattirtes Glas wird in das Wasser aufgehängt um das Bild auf zu fangen. Die andere Vorrichtung ist der vorigen ähnlich, aber es wird zuerst noch ein Diaphragma in das Wasser aufgehängt, die Iris vorstellend; dann folgt eine Linse, welche in der Luft einen Focalabstand von 1 Zoll hat und welche die Linse darstellt.

Hinten folgt das mattirte Glas, als Retina. 's Gravesande spricht sich aus gegen die Annahme einer Kompression des Bulbus durch die äusseren Augenmuskeln bei dem Vorgang, welchen wir jetzt Akkomodation nennen. Wenn man bedenkt dass der Vorgang bei den verschiedenen Thieren wol derselbe sein muss, so ist z. B. beim Wallfisch die Sklera viel zu dick um durch diese Muskeln comprimiert zu werden. Auch sollte ein Auge dass zuerst auf 100 Fuss, dann auf 2 Zoll eingestellt wird, die zweifache Länge erreichen können. Man soll demnach

eher einen Unterschied in der Linse annehmen; diese kann entweder sich der Retina nähern oder sie kann eine Aenderung in ihrer Brechung erleiden durch eine Zunahme der Krümmung. s' Gravesande glaubt dass beides zu gleicher Zeit stattfindet.

Das Auge von welchem oben bei Huygens die Rede war, war in der Ausstellung der Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften zu Leiden 1907 als von Huygens ausgestellt; damit war angedeutet dass Augen mit Wasser gefüllt eigentlich alle in Prinzip von Huygens herrühren. Dasselbe ist der zweiten Form von s' Gravesande sehr ähnlich und befindet sich in der Sammlung des Physiologischen Instituts zu Leiden. Ich verdanke Prof. Einthoven nachstehender Maassanga-

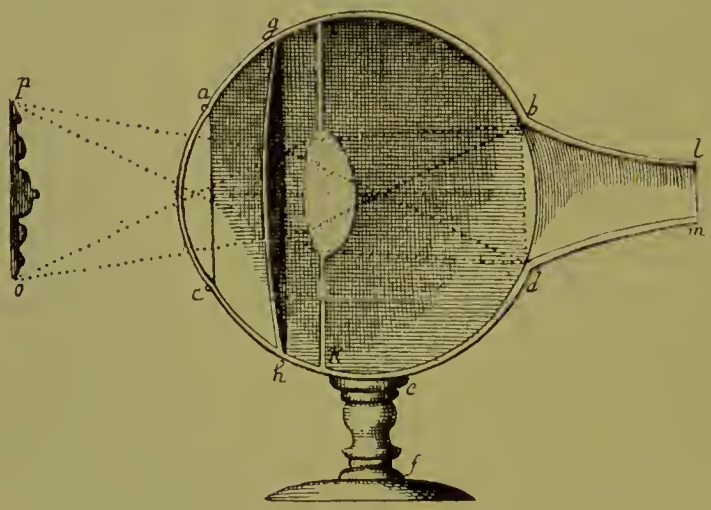

Fig. 13. Hertel's Auge (1716).

ben: Das Gefäss ist 19 cm. lang, 13 cm. breit. Vorn ist ein Uhrglas als Cornea anwesend. Als Iris dient ein drehbares Diaphragma mit drei Oeffnungen, welche 9,5 mm., 20,5 mm. und 27 mm. Durchmesser haben. Das Diaphragma hängt im Wasser. Dahinten befindet sich eine rothe Linse von 3 cm. Durchmesser, mit einem Focus, welcher in Luft 3 cm. beträgt. Hinten folgt das mattierte Glas, die Retina bedeutend.

Christian Gottlieb Hertel's *Vollständige Anweisung zum Glasschleifen*, 1716, hat S. 112 ein Augenmodell „daran gezeiget werden kann, wie das Sehen geschiehet." Tafel 15 bildet das Auge ab (hier Fig. 13).

Das Auge besteht aus zwei Halbkugeln aus Pappe; dicse passen zusammen wie eine Schachtel und ihr Deckel; ein Fuss unterstützt das Ganze. Vorn ist ein Stück von der Sphaera abgeschnitten und eine

Cornea von kürzerem Radius ist darin eingesetzt; diese gläserne Cornea ist in der unteren Hälfte befestigt. Ein Ring aus Pappe bedeutet die Iris; sie wird braun oder blau gefärbt an der vorderen Fläche und schwarz von hinten. Ein weiterer Ring trägt die stark gekrümmte Linse und hat die „ductus ciliares" welche die Linse bewegen. Der Focus dieser Linse ist an der Retina. Hinten ist ein Röhrchen, welches vorn ein geöltes Papier trägt, welches die Retina bedeutet. Der Tubus selber repraesentiert den n. opticus; man betrachtet das Bild durch ihn.

Fig. 14. Auch nach Petit le Médecin (1723).

François Pourfour du Petit (Petit le médecin) veröffentlichte in den Mémoires de l'Académie Royale des Sciences zu Paris verschiedenene Artikel zwischen 1721 und 1732. Dabei befinden sich Maassangaben, wie er sie bei gefrorenen Augen vorfand. Er bildet ein menschliches Auge ab, welches hier Figur 14 wiedergegeben ist.

Die Maassangaben sind in Pariser Linien angegeben und folgen hier in Milimeter umgerechnet.

	Pariser Linien.	Millimeter.
Länge des Auges des Menschen.	10,5 bis 12	23,687 bis 27,070.
Dicke der Hornhaut	$^1/_6$ bis $^1/_4$	0,376 bis 0,564.
Höhe der vorderen Kammer . .	1	2,256.
Höhe der hinteren Kammer . .	$^1/_4$ ($^1/_8$—$^1/_2$)	0,564 (0,282—1,128).
Dicke der Linse	2	4,512.
Krümmungsradius der Linsenvorderfläche	6 (7)	13,535 (16,919).
Id. der hinteren Fläche . . .	3	6,767.

Nach Petit's Angaben der Dimensionen der Augentheile wurde in Amsterdam von Feith künstliche Augen gemacht. Camper, *De Visu*, 1746, sagt pag. 2, darüber: „Unde pictura semper intra oculum supra retinam inversa fit demonstrant hoc oculi mortuorum, & oculi artificiales, si magna cura compositi sunt: quemadmodum talem vidi ab Artificiosissimo Feithio Amstelodamensi constructum; cujus mensura e Petito desumpta non modo accuratissima erat, sed humores ex ejusdem densitatis crystallis constructi, easdem superficies habebant respondentes tam accurate sibi invicem, ut nihil interponi posset."

Im Jahre 1775 erschien zu Löwen ein anonymes Handbuch *Elementa Opticae et Perspectivae*. Darin ist pag. 102 & Taf. 9, Fig. 9,

nebenstehender Oculus artificialis dioptricus beschrieben und abgebildet. Das Auge ist aus Elfenbein, Messing, Silber etc. angefertigt. Der vordere Theil ahmt das Aeussere des Auges nach. Ein Uhrglas bildet die Cornea; es folgt eine Iris mit Pupille; die Linse ist bikonvex, mit hinten einer stärkeren Krümmung als vorn; das Innere des Auges wird mit Wasser gefüllt; hinten ist ein verschiebbarer Tubus anwesend, welcher vorn ein

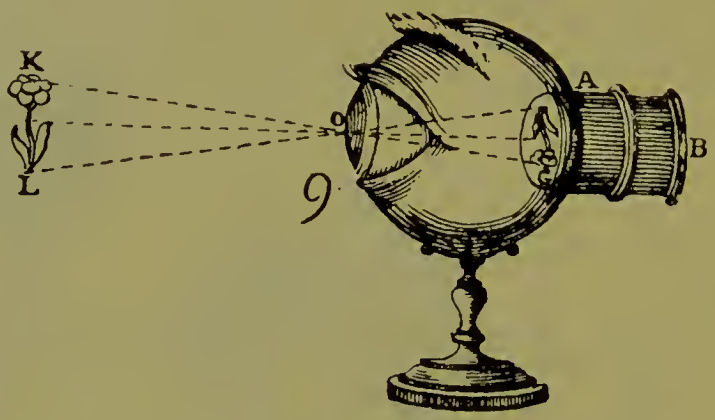

Fig. 15. Auge des Anonymus von Löwen (1775).

mattiertes Glas trägt, welches als Retina dient; eventuell wird das Glas durch ein geöltes Papier ersetzt.

G. Adams, *An Essay on Vision,* 1789, London, p. 50, Fig. 7 (S. 73 der deutschen Uebersetzung von 1800) bildet das Auge ab, welches Fig. 16 wiedergibt. Der vordere Theil eines Tubus trägt eine Glasplatte auf welcher ein Auge mit den Lidern aufgemalt ist. Das Centrum, welches der Pupille entspricht, ist durchsichtig gelassen. Innen ist eine Vorrichtung angebracht, mittels welcher drei verschiedene Linsen in das Centrum gebracht werden können. Eine dieser Linsen entspricht einer normalen Refraktion; die zweite der Myopie; die dritte der Hypermetropie. Ein mattiertes Glas hinten angebracht, bedeutet wieder die Retina. Ein weiteres Dispositiv gestattet vor das Auge ein + Glas oder ein — Glas zu bringen. Diese Gläser neutralisieren die Ametropie, welche eventuell durch die inneren Linsen hervorgerufen wird.

A. W. Volkmann hat 1838 in seiner *Theorie zur Berechnung der von mir gemessenen Zerstreuungskreise des Lichts, bei fehlerhafter Accomodation des Auges*, Poggendorff's Annalen, Bnd. 45, S. 199 ein künstliches Auge besprochen und auf Taf. II abgebildet. Dasselbe scheint ihm von W. Weber suggeriert worden zu sein. Volkmann sagt: „Man kann nun den Einfluss, den die Gestalt der Hornhaut und der Linse

im Einzeln hat, zur Vereinfachung der Rechnung vernachlässigen, und sich das Auge als eine Kugel von homogener brechender Substanz denken. Die zweite angegebene Thatsache giebt dann das Brechungs-

Fig. 16.
Auge nach G. Adams (1789).

vermögen dieser Kugel an die Hand, welches mit der bekannten Grösse des Kugelhalbmessers zur Berechnung der Zerstreuungskreise vollkommen ausreicht." Volkmann nimmt hier noch an dass die Rich-

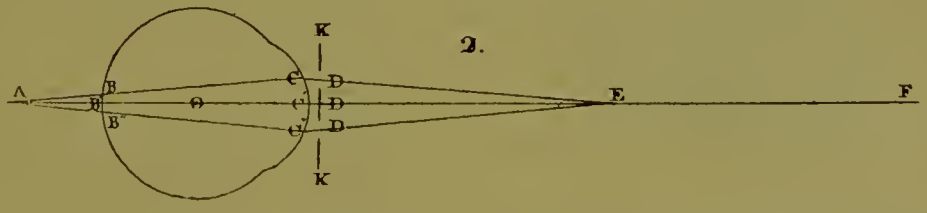

Fig. 17. Berechnungsauge von Volkmann (1838).

O Drehpunkt, zugleich als Knotenpunkt gedacht.
E zu nahe liegender Lichtpunkt.
KK Karte mit zwei Löchelchen DD.
A Vereinigungspunkt der von E ausgehenden Lichtstrahlen, welche in BB die Netzhaut als zwei Punkte schneiden.

tungsstrahlen oder Richtungslinien sich im Drehpunkt des Auges schneiden, was er später als unrichtig anerkannt hat. Er hat folgende Maasse, welche in Millimeter umgerechnet sind:

Radius der Oberfläche	12,615 mm.
Erste Brennweite	8,949
Zweite Brennweite	21,565
Länge des Auges	22,230
Brechungsindex	2,4095.

Ludwig Moser in seiner Arbeit *Ueber das Auge, über den Weg der Lichtstrahlen im Auge*, Dove's Repertorium der Physik, Bnd. V, S. 349, gibt auch ein Auge an mit einer einzigen brechenden Fläche. Dasselbe hat folgende Maassangaben:

Krümmungsradius der Oberfläche	3,39 Linien	7,65 mm.
Erste Brennweite	7,67	17,3
Zweite Brennweite	11,07	24,96
Länge des Auges.	9,76	22,17
Brechungsindex	1,4416.	

Das Auge ist demnach hypermetropisch, denn der zweite Brennpunkt fällt 2,79 mm. hinter der Retina; für die angegebene Länge hätte Moser den Brechungsindex zu 1,526 nehmen sollen. Die Arbeit war 1841 geschrieben, aber 1845 publiziert.

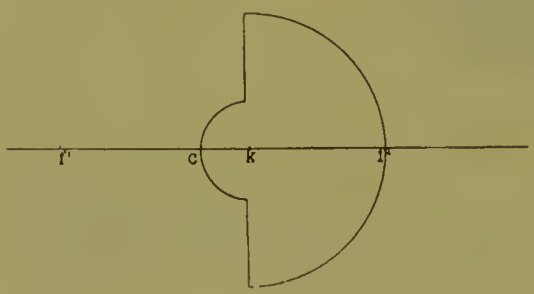

Fig. 18. Reduziertes Auge nach Listing (1845). Rekonstruktion:
f^1 vorderer Brennpunkt.
f^2 hinterer Brennpunkt.
c Hornhautscheitel.
k Knotenpunkt.
f^1 f^2 35 mm.
f^1 c ~~f^2~~ c 15 mm.
ck 5 mm.
k f^2 15 mm.

Johann Benedict Listing veröffentlichte 1845 in den Göttinger Studien seinen *Beitrag zur physiologischen Optik*. In dieser Schrift wird S. 17 sein *reduziertes Auge* besprochen. Die ganze Länge dieses Auges beträgt 20 mm.; der Krümmungsradius der vorderen Fläche beträgt 5 mm. Die Länge zwischen Knotenpunkt und hinterem Brennpunkt ist 15 mm., demnach dreimal die Distanz vom Hornhautscheitel zum Knotenpunkt; dieses Verhältniss 1 : 3 entspricht demjenigen, welches Huygens verlangte. Das Innere des Auges wird als mit Wasser gefüllt gedacht, oder richtiger als aus einer Masse bestehend mit dem Brechungsindex des Wassers 1,33. Dieses Auge wird nahezu überall als reduziertes Auge von Donders angegeben: aber Donders selber hat es nach Listing gebraucht und gibt 1864, *On*

the Anomalies of Accomodation and Refraction of the Eye, S. 175 an, dass er Listing folgt: „Following Listing's example, we may go still a step further in the simplification ....“; man hat dann gemeint dass Donders weiter vereinfachte, was nicht der Fall war.

In 1851 veröffentlichte Listing in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie Bnd. IV S. 451 die berühmte Schrift „*Mathematische Discussion des Ganges der Lichtstrahlen im Auge.*“ Darin tritt s. 485 sein schematisches Auge auf. Dieses ist in Fig. 19 in doppelter Grösse wiedergegeben. Die Länge des Auges beträgt 24,2470 mm., wovon

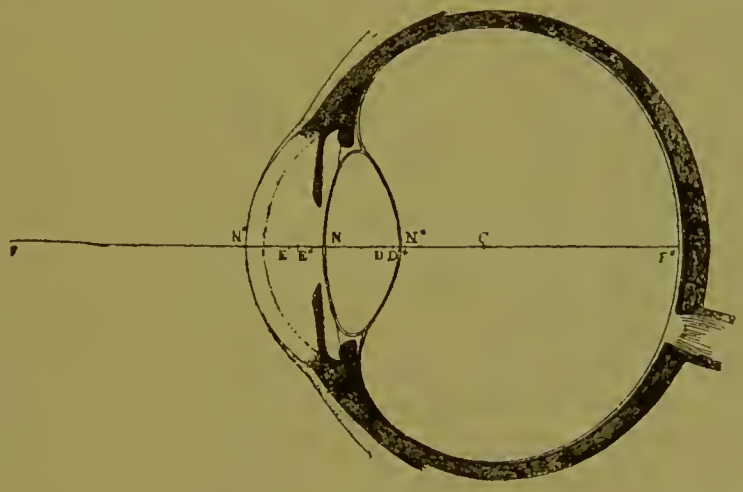

Fig. 19. Listing's schematische Auge (1851). Doppelte Grösse.

F	1ster Brennpunkt.	D	1ster Knotenpunkt.
F*	2ter Brennpunkt.	D*	2ter Knotenpunkt.
E	1ster Hauptpunkt.	N⁰	vorderer Hornhautscheitel.
E*	2ter Hauptpunkt.	N¹ & N*	vordere und hinfere Linsenfläche

1,6 mm. für die Sklera etc. genommen ist; es bleibt demnach 22,2470 mm. für die refraktionellen Teile.

Es befinden sich:

E 1ster Hauptpunkt 2,1746 mm. hinter der vorderen Hornhautfläche.
E* 2ter Hauptpunkt 2,5724 mm. hinter derselben.
ε deren Interstitium misst 0,3978 mm.
D 1ster Knotenpunkt 7,2420 mm. hinter genannter Fläche.
D* 2ter Knotenpunkt 7,6398 hinter derselben.
N vordere Linsenfläche 4 mm. hinter derselben.
N* hintere Linsenfläche 8 mm. hinter derselben.
C Centrum 12 mm. hinter derselben.
die vordere Brennweite beträgt 15,0072 mm.
die hintere Brennweite 20,0746.

Wenn der Index der Refraktion in Luft gleich 1 gestellt wird, so nimmt Listing für das Kammerwasser $^{103}/_{77} = 1{,}3377$; er hat dieselbe Zahl für den Glaskörper; für den Totalindex der Augenlinse $^{16}/_{11} = 1{,}4545$. Für die Hornhautkrümmung hat Listing einen Radius von 8 mm.; für die vordere Linsenfläche einen solchen von 10; für deren hintere Fläche 6 mm. wenn das Auge für parallelle Strahlen eingerichttet ist.

Von Helmholtz hat in seinem *Handbuch der physiologischen Optik* (1856) einige Modifikationen an Listing's schematisches Auge angebracht und diese in der zweiten Auflage des eben genannten Werkes (1886) weiter modifiziert. Es ist am leichtesten die Unterschieden in folgender Tabelle nach zu sehen:

		1856	1886
h_2 f_2	hintere Brennweite	19,875 mm.	20,713 mm.
h_1 f_1	vordere Brennweite	14,858	15,498
h_1	vorderer Hauptpunkt, hinter der vorderen Fläche der Cornea .	1,9403	1,753
h_2	zweiter Hauptpunkt	2,3563	2,106
	h_1 & h_1 voneinander entfernt. .	0,416	0,353
k_1	vorderer Knotenpunkt	6,957	6,968
k_2	hinterer Knotenpunkt	7,373	7,321
	Ort des vorderen Brennpunkts .	-12,918	-13,745
	Ort des hinteren Brennpunkts .	22,231	22,819
	Ort der vorderen Linsenfläche .	3,6(3,2)	3,6(3,2)
	Ort der hinteren Linsenfläche .	7,2(7,2)	7,2(7,2)
	Radius der Hornhautkrümmung .	8	7,829
	Radius der vorderen Linsenfläche	10.(6)	10.(6)
	Radius der hinteren Linsenfläche	6.(5.5)	6.(5,5)
	Brechungsvermögen des Kammerwassers & des Glaskörpers . .	1,3377	1,3365
	totales Brechungsvermögen der Linse	1,4545	1.4371

Zur Demonstration der Bewegungen der Augen entstanden verschiedene Modelle, von welchen die von Ruete, Donders und Landolt die verbreitesten sein dürften. Nach der Einführung des Augenspiegels durch von Helmholtz, entstanden künstliche Augen welche speziell eigerichtet waren um die Augenärzte in die Ophthalmoscopie und Bestimmung der Refraktion mittelst des Augenspiegels einzuführen. So gab M. Perrin 1866, Société de chirurgie, 3 oct., Gazette des Hôpitaux, ein Auge an, welches auf einem bewegbaren Ständer befestigt ist; das Auge besteht aus einer Hohlkugel aus Messing; der vordere Theil sowie der hintere ist abnehmbar. Hinten können darin passende

Segmente mit aufgemahlten Fundusansichten eingesetzt werden. Vorn lässt sich eine Linse aufschrauben; es sind drei verschiedene Linsen dabei gegeben. Eine gibt, wenn sie ganz aufgeschraubt ist, ein emmetropes Auge und wenn sie nur theilweise, etwa ein Schraubengang, angedreht ist ein myopes Auge; die beiden anderen Gläser sind für Hypermetropie und Astigmatismus. Perrin hat dann 1869 sein Auge Annales d'oc. Bnd. 61, p. 163 beschrieben und abgebildet und es als *oeil ophthalmoscopique* bezeichnet.

Am 1 Mai 1869 legte Albert Schumann der Leipziger Gesellschaft für Natur- und Heilkunde sein erstes künstliches Auge vor. Im selben Jahre veröffentlichte er darüber seine *Experimentaluntersuchung über die Baufehler und Accomodationsstörungen des menschlichen Auges*. Darin befindet sich S. 6 & 8 die Beschreibung seines ersten Auges; S. 18 die seines zweiten. Die beigegebene Tafel bildet beide ab. Das erste Auge besteht aus einem Messingröhrchen auf einem Fuss. Das Rohr hat vorn eine Linse von 15 millimeter Brennweite; in der Brennebene hat das Rohr einen Schlitz durch welchen Zeichnungen eingeführt werden können. Hinten ist eine schwarze Platte angebracht; wird diese abgeschraubt so kann man durchscheinende Zeichnungen einführen. Vorn ist ein Diaphragma, als Iris, mit einer Pupille von 3 mm. angebracht. Das zweite Auge von Schumann ist im Wesentlichen dasselbe, aber es sind zwei Messingröhrchen in einander verschiebbar, wodurch das Auge emmetropisch, myopisch, hypermetropisch gemacht werden kann; die Pupille hat hier 5 mm. Durchmesser; auf einer Skala kann man die Verkürzung und die Verlängerung des Auges ablesen. Dieses Auge hat vorn noch einen Ring zum Einsetzen von Zylindern und anderen Gläsern. Ein Jahr später gab Franz Mohr *Das Ophthalmophantom und der Augenspiegel als Optometer*, 1870, heraus. Der Apparat ist wieder ein Fuss welcher eine Vorrichtung mit zwei in einander verschiebbaren Röhrchen trägt. Der äussere Zylinder ist $3^1/_2$ rheinische Zoll lang, 2 Zoll 4 Linien weit (1 rhn. Zoll misst 26,35 mm.). Der äussere Zylinder trägt eine Kappe mit einer zentralen Oeffnung von $^1/_2$ Zoll. Diese ist leicht ab zu nehmen und dann kann hinter derselben ein Glas aus einem Brillenkasten eingesetzt werden, sowie eine Scheibe mit einem Loch von $^1/_4$ Zoll. Der innere Zylinder trägt eine Skala, welche den Abstand des eingelegten Bildes vom vorderen Loch angiebt. Hinten ist eine viereckige Vorrichtung angebracht in welche die ausgeschnittenen Figuren vom Jaeger's ophthalmoskopischen Atlas eingelegt werden. Das Auge stellt demnach ein aphakisches Auge dar, welches durch die einzulegende Gläser beliebig eingerichtet werden kann.

In 1876 schrieb Landolt *l'Introduction du système métrique dans*

l'ophthalmologie, Annales d'oculist. t. 75, p. 206. In dieser Abhandlung ist S. 225 sein künstliches Auge abgebildet und beschrieben. Dasselbe ist dem Listing'schen reduzierten Auge nachgebildet; die vordere brechende Fläche hat 5 mm. Krümmungsradius; das Innere ist mit Wasser gefüllt; eine Platte aus mattiertem Glase dient als Retina; man kann die Axe durch eine Schraubvorrichtung verlängern; die Länge wird durch eine Skala angedeutet. Vor der Cornea ist eine Fassung vorhanden, in welche Linsen aus dem Probierkasten eingesetzt werden können; die Fassung kann der Cornea näher und ferner gerückt werden. Auch kann das mattierte Glas (und das Wasser) entfernt werden und dann können gemalte Funduszeichnungen hinten befestigt werden.

L. Forbes hat 1880 dieses Auge verbessert in der Weise dass eine Umdrehung der Schraube einer Dioptrie entspricht. Die Abhandlung erschien in der British med. Assoc.; ich kenne nur das Referat in den Annales d'ocul. t. 84, S. 245.

Als die Skiaskopie mehr verbreitet wurde kamen solche Augen mehr in Anwendung; so das Auge von Thorington welches auch Gläser hat welche das Bild des unreifen Stares, des Keratoconus und des Auges mit doppelter Brennweite (Lenticonus) darstellen. In 1892 zeigte mir Arthur König ein Listing'sches reduziertes Auge aus einem Stück Glas mit einem Refraktions-Index von 1,33 demjenigen des Wassers entsprechend(annähernd). Weiland scheint 1895, Annals of Ophth. & Otol. Bnd. 4, S. 320 dann ein solches ganz exakt hergestellt zu haben.